

PROFIL FENOLIK DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DARI EKSTRAK RUMPUT LAUT *Turbinaria conoides* DAN *Eucheuma cottonii*

Rini Yanuarti¹, Nurjanah^{1*}, Effionora Anwar², Taufik Hidayat³

¹Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Institut Pertanian Bogor, Jalan Agatis kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 - Jawa Barat
Telepon (0251) 8622909, Fax (0251) 8622915

²Departemen Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Indonesia, Gedung A Rumpun Ilmu Kesehatan
Lantai 3, Kampus UI Depok, Depok 15624 - Jawa Barat
Telepon (021) 7270031, Faks (021) 7863433

³Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jalan Raya Pakupatan
km 4 Serang, Banten

*Korespondensi: inun_thp10@yahoo.com

Diterima: 14 Januari 2017/ Disetujui: 15 Mei 2017

Cara sitasi: Yanuarti R, Nurjanah, Anwar E, Hidayat T. 2017. Profil fenolik dan aktivitas antioksidan dari ekstrak rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2): 230-237.

Abstrak

Ekstrak rumput laut memiliki kemampuan untuk mengurangi beberapa efek dari radikal bebas karena adanya senyawa fenolik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan fenolik, flavonoid dan aktivitas antioksidan dari ekstrak rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Eucheuma cottonii*. Ekstraksi dilakukan secara bertingkat menggunakan pelarut n-heksana (non-polar), etil asetat (semi polar) dan metanol (polar). Hasil penelitian menunjukkan total fenolik dan flavonoid tertinggi terdapat pada ekstrak *Turbinaria conoides* dengan etil asetat yaitu 211,00 mg GAE/g dan 157,16 mg QE/g. Rumput laut *Eucheuma cottonii* yang diekstrak dengan metanol memiliki kandungan fenolik 141,00 mg GAE/g, sedangkan kandungan flavonoid tertinggi terdapat pada ekstrak dengan pelarut etil asetat yaitu 35,1771 mg QE/g. Aktivitas antioksidan sangat kuat ($< 50 \mu\text{g/mL}$) terdapat pada rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Eucheuma cottonii* yang diekstrak dengan metanol yaitu 15,15 $\mu\text{g/mL}$ dan 23,15 $\mu\text{g/mL}$. Rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Eucheuma cottonii* memiliki potensi yang besar sebagai antioksidan alami.

Kata kunci: ekstraksi beringkat, flavonoid, IC_{50} , radikal bebas

Profile of Phenolic and Antioxidants Activity from Seaweed Extract Turbinaria conoides and Eucheuma cottonii

Abstract

Seaweed extract has ability to reduce some effects of free radicals because of phenolic compound. The purpose of this study was to determine total phenolic content, total flavonoids and antioxidant activity of seaweed extract from *Turbinaria conoides* and *Eucheuma cottonii* with different solvents. The extraction was carried out by n-hexane (non-polar) solvent, ethyl acetate (semi-polar) and methanol (polar). The results showed that the highest total phenol and flavonoids were found in extract of *Turbinaria conoides* with ethyl acetate 211.00 mg GAE/g and 157.16 mg QE/g. Seaweed *Eucheuma cottonii* extract using methanol solvent had a higher phenol content 141.00 mg GAE/g, whereas the highest flavonoid content found in ethyl acetate solvent (35.1771 mg QE/g). The very strong antioxidant activity ($< 50 \mu\text{g/mL}$) was found in *Turbinaria conoides* and *Eucheuma cottonii* which extracted by methanol solvent (15.148 $\mu\text{g/mL}$ and 23.154 $\mu\text{g/mL}$). Seaweed *Turbinaria conoides* and *Eucheuma cottonii* had a great potential as natural antioxidant.

Keywords: extraction storey, flavonoids, IC_{50} , free radicals

PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan organisme perairan yang keberadaannya sangat melimpah dan salah satu sumberdaya alam hayati laut yang bernilai ekonomis (Darmawati *et al.* 2016). Rumput laut merupakan makhluk makroskopis dan alga multiseluler yang umumnya berada di daerah pesisir. Jumlah rumput laut diperkirakan sekitar 9.000 spesies yang diklasifikasi menjadi tiga kelompok utama berdasarkan pigmennya yaitu phaeophyta, rhotophyta dan chlorophyta. Produksi rumput laut yang dihasilkan dari budidaya secara global melebihi 24 juta ton (US\$ 6,4 miliar) (FAO 2014).

Rumput laut memiliki kemampuan sebagai antioksidan, imunostimulan, dan aktivitas antibakteri (Selim 2012). Rumput laut merah mengandung senyawa metabolit sekunder dalam bentuk yang berbeda misalnya terpenoid, steroid, kumarin, flavonoid, dan alkaloid. Rumput laut coklat kaya akan zat bioaktif polifenol, florotanin, dan senyawa tanin yang memiliki kemampuan untuk menghambat aktivitas radikal bebas dan menyerap logam yang dapat diaplikasikan pada makanan (Hermund *et al.* 2016). Aktivitas antioksidan pada rumput laut tersebut telah banyak diaplikasikan di antaranya sebagai tabir surya (Maharany *et al.* 2017; Luthfiyana *et al.* 2017).

Antioksidan adalah senyawa yang dapat mencegah proses oksidasi radikal bebas (Darmawati *et al.* 2016). Radikal bebas tanpa kita sadari terbentuk secara terus-menerus di dalam tubuh baik berupa proses metabolisme sel normal, peradangan, kekurangan gizi, serta akibat respon terhadap pengaruh dari luar tubuh, misalnya polusi lingkungan, ultraviolet (UV), dan asap rokok. Radikal bebas sering dihubungkan dengan berbagai peristiwa fisiologis misalnya peradangan, penuaan, dan penyebab kanker (Bhaigyabati *et al.* 2011). Konsumsi antioksidan dapat menurunkan terjadinya penyakit degeneratif, misalnya kardiovaskular, kanker, aterosklerosis, dan osteoporosis.

Aktivitas antioksidan rumput laut *Eucheuma cottonii* telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan hasil

IC₅₀ yang berbeda yaitu 105,4 µg/mL (Nurjanah *et al.* 2015), 47 µg/mL (Suryaningrum *et al.* 2006), 106,021 µg/mL (Maharany *et al.* 2017) sedangkan untuk jenis *T. tricostrata* yaitu 43,2-54,6 µg/mL (Chale-Dzul *et al.* 2014), 45,4 µg/mL (Putranti, 2013). *Padina australis* mempunyai IC₅₀ 87,082 µg/mL (Maharany *et al.* 2017). Bubur rumput laut *E. cottonii* memiliki IC₅₀ 127,23 µg/mL dan bubur rumput laut *Sargassum* sp. 119,66 µg/mL (Luthfiyana *et al.* 2016).

Ekstrak rumput laut memungkinkan untuk digunakan sebagai sumber antioksidan, karena memiliki kemampuan untuk menghambat peroksidasi lemak dan dapat mengurangi beberapa efek dari radikal bebas (Kurniawati *et al.* 2016). Fenolik merupakan senyawa yang banyak terdapat pada hampir semua jenis rumput laut dan berpotensi sebagai antioksidan. Potensi rumput laut di Perairan Serang-Banten sangat melimpah hingga 52.426 ton produksi per tahun (WWF 2014), sehingga diperlukannya penelitian untuk mengetahui kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan pada rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Eucheuma cottonii*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan dari ekstrak rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Eucheuma cottonii* yang dihasilkan dari pelarut yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut coklat *T. conoides* yang diperoleh dari Pantai Pasauran Desa Umbul Tanjung Kecamatan Cinangka Kabupaten Serang-Banten dan rumput laut merah *E. cottonii* diperoleh dari Pantai Lontar, Kecamatan Tirtayasa Kabupaten Serang-Banten. Bahan lain yang digunakan yaitu metanol p.a (Merck), etanol p.a (Merck), n-heksana p.a (Merck), etil asetat p.a (Merck), asam galat p.a (Sigma-aldrich), reagen Folin-Ciocalteu p.a, quercetin, Dimethyl sulfoxide (DMSO) p.a (Merck), aluminium klorida (AlCl₃) (Merck), kalium asetat (CH₃COOK) (Merck), asam askorbat (Merck) dan 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil (DPPH) (Sigma-aldrich).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain blender (Philips HR 2115 Blender tango Plastik), vorteks (Stuart SA8 *Vortex Mixer*, 230V, 50-60Hz, 20-2500rpm), *rotary evaporator* (Heidolph Instrument Laborota 4000), *microplate* 96-well (IWAKI), spektrofotometer UV-Vis (U-2800 Hitachi), *orbital shaker* (Wise Shaker), timbangan analitik (merek sartorius), dan alat-alat gelas (Pyrex).

Metode Penelitian

Ekstraksi bertingkat

Ekstraksi rumput laut dilakukan dengan metode maserasi bertingkat mengacu pada Widyasanti *et al.* (2016). Metode ini digunakan karena sesuai dengan bahan yang tidak tahan terhadap pemanasan. Rumput laut yang sudah dihaluskan sebanyak 100 gram dimaserasi dengan pelarut non-polar yaitu (n-heksana) (1:5 b/v), dikocok menggunakan orbital shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 3x24 jam. Ekstrak disaring dengan kertas saring *Whatman* 42 sehingga didapatkan filtrat dan residu. Residu dari pelarut n-heksana digunakan kembali untuk maserasi dengan pelarut semi polar (etil asetat) dengan perlakuan yang sama dengan pelarut n-heksana. Residu dari pelarut etil asetat dimaserasi kembali dengan pelarut polar (metanol). Filtrat dari ketiga pelarut tersebut dievaporasi menggunakan *rotary vacuum evaporator* pada suhu 40°C.

Penentuan kandungan total fenolik

Penentuan total fenolik dilakukan menggunakan prinsip Wan-Ibrahim *et al.* (2010). Ekstrak rumput laut dilarutkan dalam etanol sehingga membentuk konsentrasi 1 mg/mL dan diambil sebanyak 10 µL kemudian dicampurkan ke dalam sumur (96-well *microplate*) yang sudah berisi 160 µL akuades. Sebanyak 10 µL reagen Folin-Ciocalteu 10% dan 20 µL larutan Na₂CO₃ 10% ditambahkan ke dalam tiap sumur lalu diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Kandungan total fenolik ditentukan dengan pembacaan absorbansi pada panjang gelombang 750 nm menggunakan *microplate reader*. Total fenolik sampel ditentukan menggunakan kurva standar asam galat dengan berbagai

konsentrasi yaitu 20, 40, 60, 80, 100 µg/mL dan hasilnya setara dengan milligram asam galat (mg/g GAE). Kandungan fenolik total pada masing-masing ekstrak dinyatakan sebagai ekuivalen asam galat (*Gallic Acid Equivalent*), yang merupakan acuan umum untuk mengukur senyawa fenolik yang terdapat dalam suatu bahan. Total fenolik dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total fenolik GAE} = \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \text{ GAE} \right) = c \cdot \left(\frac{v}{m} \right)$$

Keterangan :

c : total fenolik dari kurva standar (mg/L)

v : volume ekstrak

m : bobot ekstrak (g)

Penentuan total flavonoid

Penentuan kandungan total flavonoid mengacu pada Son *et al.* (2015). Ekstrak rumput laut dilarutkan dalam etanol sehingga membentuk konsentrasi 1 mg/mL dan diambil sebanyak 10 µL kemudian dicampurkan ke dalam sumur (96-well *microplate*) yang sudah berisi 120 µL akuades. Aluminium klorida 10% dan larutan asam asetat masing-masing 10 µL kemudian etanol 60 µL ditambahkan ke dalam tiap sumur lalu diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Kandungan total flavonoid ditentukan dengan pembacaan absorbansi pada panjang gelombang 415 nm menggunakan *microplate reader*. Quarsetin digunakan sebagai standar. Kandungan total flavonoid sampel ditentukan dengan kurva standar quarsetin dengan berbagai konsentrasi yaitu 50, 100, 150, 200, 250, 300 µg/mL dan hasilnya setara dengan milligram per quarsetin (mg/g QUE) yaitu jumlah kesetaraan milligram kuarsetin dalam 1 g ekstrak.

Analisis aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil)

Analisis aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH mengacu pada Li *et al.* (2012). Ekstrak ditimbang sebanyak 10 mg dan dilarutkan dengan 1000 µL Dimethyl sulfoxide. Larutan ekstrak sebanyak 200 µL dipipet ke dalam *microplate* dan ditambahkan 100 µL larutan DPPH dengan

konsentrasi 125 mikro molar dalam etanol p.a. Campuran dihomogenkan kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Kontrol positif yang digunakan adalah asam askorbat dengan konsentrasi 1,25-20 ppm. Etanol p.a digunakan sebagai kontrol negatif. Serapan yang dihasilkan diukur dengan *microplate reader* pada panjang gelombang 517 nm. Aktivitas inhibisi radikal DPPH (%) dapat dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi blanko} - \text{absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Fenolik

Hasil pengujian total fenolik secara kualitatif pada ekstrak *T. conoides* dan *E. cottonii* dengan n-heksana tidak ditemukan, sedangkan total fenolik hasil ekstrak metanol dan etil asetat tersaji pada Gambar 1. Faktor yang mempengaruhi hasil tersebut yaitu fenolik tidak terekstrak oleh pelarut n-heksana yang bersifat non-polar. Bangol *et al.* (2014) menyatakan bahwa sebagian besar senyawa fenolik bersifat polar.

Chakraborty *et al.* (2013^a) menyatakan bahwa rumput laut coklat mengandung senyawa fenolik dengan kadar yang berbeda antar spesies. Hasil pengujian menunjukkan total fenol pada *T. conoides* yang diekstrak dengan etil asetat lebih tinggi (211,00 mg GAE/g) dibandingkan metanol (195,44 mg GAE/g), karena etilasetat mampu mengekstrak fenolik lebih baik. Chakraborty *et al.* (2013^b)

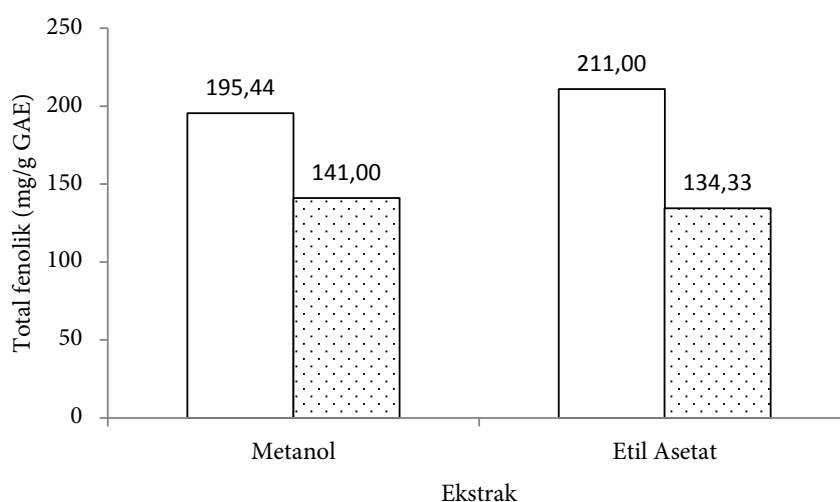
menyatakan bahwa senyawa polifenolik rumput laut coklat banyak ditemukan pada ekstrak etil asetat. Total fenolik pada ekstrak etil asetat (106,00 mg GAE/g) sedangkan pada ekstrak metanol *T. conoides* (16,6 mg GAE/g) (Chakraborty dan Joseph (2016). Senyawa fenolik umumnya lebih mudah diekstrak oleh pelarut organik yang bersifat semi polar dan polar (Septiana *et al.* 2002).

Hasil pengujian total fenolik pada *E. cottonii* yang diekstrak dengan metanol lebih tinggi (141,00 mg GAE/g) dibandingkan etil asetat (134,33 mg GAE/g). Matanjan *et al.* (2008) melaporkan bahwa total fenolik pada ekstrak metanol *E. cottonii* (22,5 mg GAE/g), lebih kecil dari hasil penelitian. Kandungan fenolik akan meningkat dalam ekstrak seiring dengan meningkatnya polaritas pelarut (Ganesan *et al.* 2008).

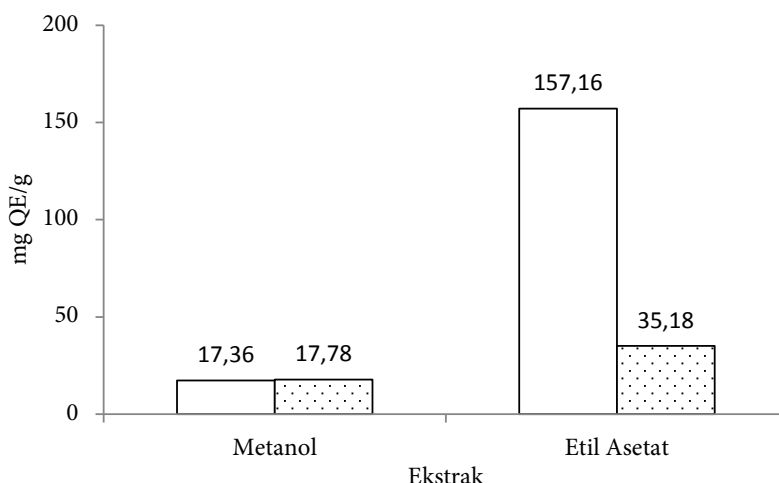
Ekstrak *T. conoides* memiliki total fenolik lebih tinggi dibandingkan ekstrak *E. cottonii*. Rumput laut coklat memiliki total fenolik lebih tinggi dibandingkan dengan rumput laut merah (Matanjan *et al.* 2008). Kandungan polifenol pada rumput laut bervariasi sesuai dengan musim, waktu panen, letak geografis dan jenis spesies rumput laut (Rajauria *et al.* 2016).

Total Flavonoid

Hasil pengujian total flavonoid pada ekstrak metanol *T. conoides* (17,36 mg QE/g) dan *E. cottonii* (17,78 mg QE/g), sedangkan pada ekstrak etil asetat *T. conoides* lebih tinggi (157,16 mg QE/g) dibandingkan



Gambar 1 Kandungan total fenolik pada ekstrak ☐ *T. conoides*, ☒ *E. cottonii*



Gambar 2 Total flavonoid pada ekstrak *T. conoides*, *E. cottonii*

E. cottonii (35,18 mg QE/g). Hasil pengujian total flavonoid pada masing-masing ekstrak dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa total flavonoid dari ekstrak *T. conoides* dan *E. cottonii* dapat menjadi sumber penting antioksidan, karena kandungan flavonoid yang diperoleh dari kedua ekstrak tersebut cukup tinggi sehingga senyawa flavonoid dapat berperan sebagai antioksidan. Senyawa ini memang banyak ditemukan pada rumput laut coklat, merah dan hijau, senyawa antioksidan berkorelasi dengan kandungan fenolik yang terdapat pada rumput laut.

Total flavonoid yang didapatkan dari kedua ekstrak tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan total flavonoid pada ekstrak metanol *S. wightii* (2,02 mg QE/g) (Meenakshi *et al.* 2009). Hal tersebut dipengaruhi oleh sifat kelarutan dari senyawa flavonoid pada rumput laut. Flavonoid merupakan golongan fenolik terbesar yang terdiri dari beberapa struktur yang berbeda sehingga memiliki tingkat kelarutan yang berbeda-beda, tetapi pada umumnya senyawa flavonoid larut dalam pelarut semi polar hingga polar. Tanaman yang mengandung flavonoid memiliki aktivitas antioksidan, antibakteri, antivirus, antiradang, antialergi, dan antikanker (Neldawati *et al.* 2013).

Aktivitas Antioksidan

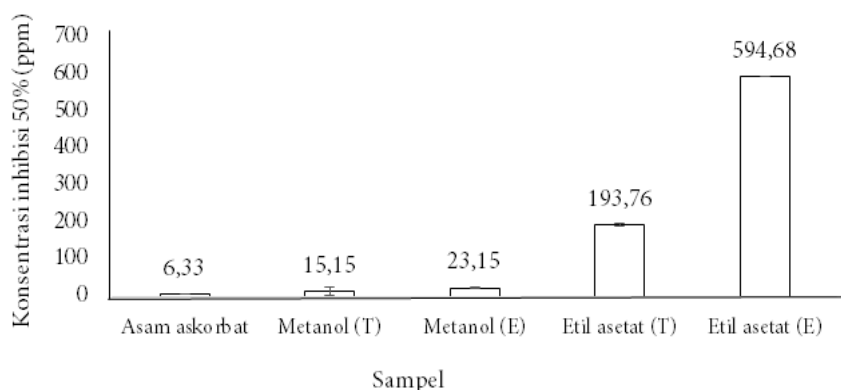
Jenis rumput laut dan jenis pelarut yang berbeda akan memberikan perbedaan jumlah senyawa fenolik. Perbedaan tersebut juga dapat

mempengaruhi kemampuan untuk meredam radikal bebas. Pengujian antioksidan dengan metode DPPH memberikan nilai IC_{50} tiap jenis hasil ekstrak. Nilai IC_{50} ekstrak *T. conoides* dan *E. cottonii* dapat dilihat pada Gambar 3.

Efektivitas suatu sampel untuk menangkal radikal bebas dari metode DPPH dinamakan dengan IC_{50} , yaitu konsentrasi yang dapat meredam 50% radikal bebas DPPH. Nilai IC_{50} semakin kecil maka semakin besar aktivitas antioksidannya. Hasil pengujian aktivitas antioksidan pada kedua ekstrak *T. conoides* dan *E. cottonii* dengan pelarut metanol mendapatkan nilai IC_{50} yaitu 15,15 μ g/mL dan 23,15 μ g/mL, sedangkan pada ekstrak dengan pelarut etil asetat yaitu 193,76 μ g/mL dan 594,68 μ g/mL. Nilai IC_{50} untuk asam askorbat yaitu 6,33 μ g/mL.

Aktivitas antioksidan sangat kuat jika nilai IC_{50} kurang dari 50 μ g/mL, kuat 50-100 μ g/mL, sedang 101-150 μ g/mL dan lemah 150-200 μ g/mL (Molyneux 2004). Asam askorbat yang digunakan sebagai kontrol positif memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat. Nilai tersebut dianggap sesuai karena vitamin C merupakan salah satu antioksidan yang umum dikonsumsi masyarakat yang terdapat dalam bahan makanan (Winarsi 2007; Rodwell *et al.* 2015). Rumput laut yang diekstrak dengan metanol memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat (<50 ppm), sedangkan rumput laut yang diekstrak dengan etil asetat memiliki aktivitas antioksidan yang lemah.

Hasil pengujian menunjukkan aktivitas antioksidan terbesar terdapat pada ekstrak



Gambar 3 Konsentrasi dan inhibisi radikal bebas pada ekstrak

metanol, hal ini dikarenakan senyawa polifenol rumput laut yang diekstrak dengan metanol lebih banyak dibandingkan dengan pelarut lainnya sehingga dapat dikatakan metanol merupakan pelarut yang efektif untuk mengekstrak senyawa antioksidan. Pernyataan tersebut sesuai dengan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Ganesan *et al.* (2008) dan Chakraborty *et al.* (2013^b) yang menyatakan bahwa aktivitas antioksidan pada pelarut metanol *E. kappaphycus* (11,9 µg/mL), *T. conoides* (0,44 µg/mL) dan *T. ornata* (0,47 µg/mL). Aktivitas antioksidan pada ekstrak etanol *T. conoides* memiliki potensi anti-genotoksik dan anti-inflamasi karena adanya senyawa bioaktif sinergis, misalnya steroid, fenolik, flavonoid, fucosterol, polisakarida sulfat termasuk fucoidan, glukosa netral, guluronat dan asam alginat (Angell *et al.* 2015).

KESIMPULAN

Rumput laut *T. conoides* yang diekstrak dengan etil asetat memiliki kandungan fenolik tertinggi (211,00 mg GAE/g) dan flavonoid tertinggi (157,16 mg QE/g). Ekstrak metanol *E. cottonii* memiliki kandungan fenolik tertinggi (141,00 mg GAE/g), sedangkan kandungan flavonoid tertinggi terdapat pada ekstrak etil asetat (35,1771 mg QE/g). Aktivitas antioksidan yang sangat kuat terdapat pada ekstrak *T. conoides* dan *E. cottonii* dengan metanol yaitu 15,148 µg/mL dan 23,154 µg/mL. Rumput laut *T. conoides* dan *E. cottonii* memiliki potensi yang besar sebagai antioksidan alami.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada BP3IPTEK yang telah membantu penelitian ini dengan skim riset kreatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Angell AR, Mata L, Nys RD, Paul NA. 2015. The protein content of seaweeds: a universal nitrogen-to-protein conversion factor of five. *Journal of Applied Phycology*. 28: 511-524.
- Bangol E, Momuat LI, Abidjulu J. 2014. Aktivitas antioksidan ekstrak etanol dan n-heksan dari daun rumput santa maria (*Artemisia vulgaris* L.) pada minyak ikan. *Jurnal Ilmiah Sains*. 14(2): 129-135.
- Bhaigiyabati TT, Kirithika J, Ramya K, Usha. 2011. Phytochemical constituents and antioxidant activity of various extracts of corn silk (*Zea mays* L). *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2(4): 986-993.
- Chale-Dzul J, Moo-Puc R, Robledo D, Freile-Pelegrin F. 2014. Hepatoprotective effect of the fucoidan from the brown seaweed *Turbinaria tricostata*. *Journal of Applied Phycology*. 26(2): 1009-1017.
- Chakraborty K, Praveen NK, Vijayan KK, Syda Rao G. 2013a. Evaluation of phenolic contents and antioxidant activities of brown seaweeds belonging to *Turbinaria* spp. (Phaeophyta, Sargassaceae) collected from Gulf of Mannar. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 3(1): 6-8.
- Chakraborty K, Joseph D, Praveen NK. 2013b. Antioxidant activities and phenolic

- contents of three red seaweeds (division: rhodophyta) harvested from the Gulf of Mannar of Peninsular India. *Journal Food Science Technological*. 52(4): 1924-1935.
- Chakraborty K dan Joseph D. 2016. Antioxidant potential and phenolic compounds of brown seaweeds *Turbinaria conoides* and *Turbinaria ornata* (class: Phaeophyceae). *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 25(8): 1249-1265.
- Darmawati, Niartiningasih A, Syamsuddin R, Jompa J. 2016. Analisis kandungan karotenoid rumput laut *Caulerpa* sp. yang dibudidayakan di berbagai jarak dan kedalaman. Seminar Nasional Inovasi IPTEK Perguruan Tinggi untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat. 29-30 Agustus 2016. Hal 196-201.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2014. The state of world fisheries and aquaculture 2014. Rome (IT): Food and Agriculture Organization.
- Ganesan P, Chandini SK, Bhaskar N. 2008. Antioxidant properties of methanol extract and its solvent fractions obtained from selected Indian red seaweeds. *Bioresource Technology*. 99: 2717-2723
- Hermund DB, Karadag A, Andersen U, Jonsdottir R, Kristinsson HG, Alasarval C, Jacobsen C. 2016. Oxidative stability of granola bars enriched with multilayered fish oil emulsion in the presence of novel brown seaweed based antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Just Accepted Manuscript. Doi: 10.1021/acs.jafc.6b03454.
- Kurniawati I, Maftuch, Hariati AM. 2016. Penentuan pelarut dan lama ekstraksi terbaik pada teknik maserasi *Gracilaria* sp. serta pengaruhnya terhadap kadar air dan rendemen. *Jurnal Ilmu Perikanan*. 7(2): 72-77.
- Li JW, Xian LC, Jing L, Rui CL, Gang LW, Shu SD, Zhi LL. 2012. Phenolic compounds and antioxidant activities of *Liriope muscari*. *Journal Molecules*. 17: 1797-1808.
- Lim SN, Cheung PCK, Ooi VEC, Ang PO. 2002. Evaluation of antioxidative activity of extracts from a brown seaweed, *Sargassum siliquastrum*. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 50: 3862-3866.
- Luthfiyana N, Nurjanah, Nurilmala M, Anwar E, Hidayat T. 2016. Rasio rumput laut *E cottonii* dan *Sargassum* sp. sebagai krim tabir surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(3):183-196
- Maharany F, Nurjanah, Suwandi R, Anwar E, Hidayat T. 2017. Kandungan senyawa bioaktif rumput laut *Padina australis* dan *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku krim tabir surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 11-18.
- Meenakshi S, Gnanambigai DM, Mozhi ST, Arumugam M, Balasubramanian T. 2009. Total flavonoid and in vitro antioksidant activity of two seaweeds of Rameshwaram Coast. *Global Journal of Pharmacology*. 3(2): 59-62.
- Molyneux P. 2004. The use of stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioksidan activity. *Songklanakarin Journal Science Techology*. 26(2): 211-219.
- Murakami C, Takemura M, Sugiyama Y, Kamisuki S, Asahara H, Kawasaki M, Ishidoh T, Linn S, Yoshida S, Sugawara F, Yoshida H, Sakaguchi K, Mizushima Y. 2002. Vitamin A-related compounds, all-trans retinal and retinoic acids, selectively inhibit activities of mammalian replicative DNA polymerases. *Journal Biochemica et Biophysica. Acta* 1574: 85-92.
- Neldawati, Ratnawulan, Gusnedi. 2013. Analisis nilai absorbansi dalam penentuan kadar flavonoid untuk berbagai jenis daun tanaman obat. *Journal Pillar of Physics* (2): 76-83.
- Nurjanah, Nurilmala N, Anwar E, Luthfiyana N. 2015. Identification of bioactive compounds seaweed as raw sunscreen cream. The 2nd International Symposium on Aquatic Products Processing and Health [ISAPROSH].
- Putranti RI. 2013. Skrining fitokimia dan aktivitas antioksidan ekstrak rumput laut *Sargassum duplicatum* dan *Turbinaria ornata* dari Jepara. [tesis]. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.
- Rajauria G, Foley B, Abu-Ghannam N. 2016.

- Identification and characterization of phenolic antioxidant compounds from brown irish seaweed himanthalia elongata using LC-DAD-ESI-MS/MS. *Journal Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 37: 261-268.
- Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. 2015. Harper's Illustrated Biochemistry 30th Edition. New York (US): Mc Graw Hill.
- Selim SA. 2012. Antimicrobial, antiplasmid and cytotoxicity potentials of marine algae Halimeda opuntia and Sarconema filiforme collected from red sea coast. World Academy of Science. *Engineering and Technology Journal* 2(1): 1154-1159.
- Septiana AT, Muchtadi D, Zakaria FR. 2002. Aktivitas antioksidan ekstrak diklorometana dan air jahe pada asam linoleat. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 13(2): 105-110.
- Son YR, Choi EH, Kim GT, Park TS, Shim SM. 2015. Bioefficacy of graviola leaf extracts in scavenging free radicals and upregulating antioxidant genes. *Journal Food and Fungtion Royal Society of Chemistry*. 7(2): 61-71.
- Suryaningrum TD, Wikanta T, Kristiana H. 2006. Uji aktivitas senyawa antioksidan dari rumput laut Halymenia harneyana dan Eucheuma cottonii. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 1(1): 51-64.
- Wan-Ibrahim WI, Sidik K, Kuppusamy UR. 2010. A high antioxidant level in edible plants is associated with genotoxic properties. *Food Chemistry*. 122: 1139-1144.
- Winarsi. 2007. Antioksidan Alami dan Radikal Bebas. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Widyasanti A, Rohdiana D, Ekatama N. 2016. Aktivitas antioksidan ekstrak teh putih (Camellia sinensis) dengan metode dpph (2,2 difenil-1-pikrilhidrazil). *Journal of Materials Processing Technology*. 1(1): 1-9.
- WWF. 2014. Seaweed Farming Cottonii (Kappaphycus alvarezii), Sacol (Kappaphycus struatum) and Spinosum (Eucheuma denticulatum). 1th Klower Academic.